# .

(8) Int. CL<sup>7</sup>:

G 01 B 21/30

G 01 B 21/04 B 82 B 1/00 B 81 C 5/00

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

OffenlegungsschriftDE 101 12 316 A 1

② Aktenzeichen:

101 12 316.7 14. 3. 2001

Anmeldetag:Offenlegungstag:

6, 12, 2001

① Unionspriorität

00-070216

14, 03, 2000 JP

(fi) Anmelder:

Mitutoyo Corp., Kawasaki, Kanagawa, JP.

(%) Vertreter:

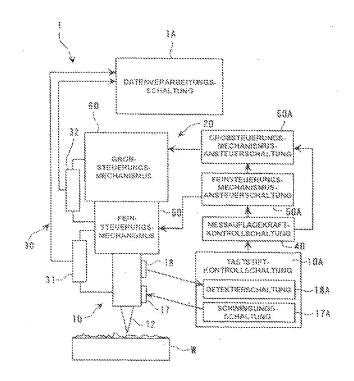
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser, 80538 München

(?) Erfinden

Nishimura, Kunitoshi, Tsukuba, Ibaraki, JP; Hidaka, Kazuhiko, Tsukuba, Ibaraki, JP; Okamoto, Kiyokazu, Tsukuba, Ibaraki, JP

## Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- (4) Mikrostrukturmessgerät
  - In einen Mikrostrukturmesagerät (1) ist ein Feinsteuerungsmechanismus (50) und ein Grobstetierungsmechanismus (60) jeweils zur feinen und zur gröberen Auslen kung eines Taststiftes (12) vorgesehen, so dass die entsprechenden Mechanismen (50, 60) in kombinierter Weise betätigt werden, um in einfacher Weise die Bewegung des Taststüttes (12) in einem weiteren Bereich in kurzer Zeit zu steuern. Ferner ist ein ausgleichender beweglicher Bereich (52), der sich in einer Richtung entgegengesetzt zu einem antreibenden beweglichen Bereich (42) bewegt, en dem Feinsteuerungsmechanismen (50) vorgesehen. Da eine durch die Bewegung des antreibenden beweglchen Bereiches (52) verursachte Reaktionskraft durch eine weitere, durch die Bewegung des ausgleichenden beweglichen Bereiches (53) verursachte Reakhonskraft an einem fixierten Bereich (5) aufgehoben wird, wird keine mechanische Beeinflussung zwischen den entsprechenden Mechanismen (50, 60) hervorgerufen, wodurch die Bewegung des Teststiffes (12) in genauer Weise steuerbar



# 2

# Beschreibung

#### HINTERGRUND DER ERFINDUNG

#### 1. GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die verliegende Erfindung betrifft ein Mikrostrukurmensgerät. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Mikrostrukturmenigerät zur genauen Messung eines Oberflächenprofils von LSI- und anderen Halbieherwafern und derglei- 10 ohen.

#### 2. KESCHREIBUNG DES STANDS DER TECHNIK

[0002] Konventionellerweise ist es beim genanen Messen. 15 eines Oberflachenprofils von LSI- und anderen Halbleiterwatern äußera wünschenswen, eine Messauflagekraft, die zwischen eigen: Werkstück und eigen: sich mit der Oberftäche des Werkstückes in Kontakt befindlichen Taststift angelegt wird, unterhalb eines vorbesthanden Pegels zu halten. 20 Dies rühn daher, dass die Beschädigung des Werkstückes und des Tasistiffas verbinden werden kann und das Oberflächenprofil des Werkstückes dennoch in genauer Weise durch die Bewegner des Tanstiftes wiedergegeben werden kann, indens die Messauflagekraft unterhalb eines vorbestimmten. 23 Pegals gehalten wird. Um dieser Forderung nachzukommen. wird ein speziell gestältetes Messgerät, das mit einem Mechanismus zum Sieuern der Messauflagekraft unterhalb eines verbestimmten Pegels ausgesyattet ist, bei der genauen Messung des Oberflächenprohis von Halbleiterwafern und 30 dergleichen verwendet.

[6003] Die Annielderin der vorliegenden Amieldung hat ein Mossgerüt, das in der japanischen offengelegten Patentamoridang mit der Nr. Hei 10-356187 offenbart ist, als ein konventionalles Beispiel eines derartigen Messgerates vor- 35 geschlagen, Gemäß Fig. 6 besitzt das Messgerät 100 einen drehbaren Ami 101. einen Tasishbinechanismus 103 mit einom Tastsvift 192, der an einer unteren Oberfläche eines Endes des Armes 101 vorgesehrn ist, um ein Arbeitestück zu kontaktieren, einen Messauftagekraftjustierrhechanismus 40 104 zum Jostieren einer Müssimflagukraft, mit der der Tasistift 102 beaufschlagt wird, einen Auslenkungssonsor 105 zum Erthssen der Position des Armes 101, und eine Messauflagekraftkontrollschaltung 106 zum Steuern des Messauflagekraftjustiertnechanismus 194. Hierbei reprasentien 43 das Bezugszeichen 101A einen Drehpunkt 101A des Armes 101 und 1015 repräsentien ein Ausgleichsgewicht, das an dem anderen Ende des Armes 101B vorgesehen ist.

[6004] Die Annelderin hat ebenfalls einen Tasistiftmechanismus, der in der japanischen Patentanmeldung imt der St Nr. Hei 11-272451 offenbart ist, als den Tasisnikmechanismus 103 vorgeschlagen, der in dem Messgeriit 100 verwender ist.

[9005] Der Taststiftmechanismus 103 umfasst einen an dem Arm 101 zu befestigenden Halter 103A, einen Tastsnif 53 102, der von dem Halter 103A gehaltes wird und an seinem abgewundten Ende einen Kontaktbereich 102A aufweist, der das Werkstück komaktiert, ein Schwingungselemem, um den Taststiff 102 in dessen axialer Richtung is resonante Schwingungen zu versetzen, und einen Sensor zum Erfassen 60 einer Anderung der Resonanz, die verursacht wird, wenn der Kontaktbereich 102A das Werkstück berührt.

[9096] Der Messanflagekraftjustiermechanismus 104 ist aus einer magnetischen Substanz 104A, die auf einer oberen Seite des Armes 101 bafastigt ist, und einem elektromagne- 65 tischen Stellelement mit einem Elektromagnet 104B, der direkt über der magnetischen Substanz 104A angeordnet ist, gebildet. Wenn der Elektromagnet 104B mit Strom versorgt

wird, wird eine abstoßende oder anziehende Kraft zwischen der magnetischen hoberauz 104A und dem Elektromagnet 104B hervorgerufen, um den Acm 101 vernkal zu bewegen, so dass der an einem Ende des Armes 101 vorgeschene Taststift 102 vertikal ausgelenkt wird. Ein Abstand zwischen der Oberfläche des Werkstückes und dem einen Ende des Armes 101 wird gestenen, inden die Stromhöbe des Elektromagneten 104B so gestenen wird, dass die zwischen dem Taststift 102 und dem Werkstück wirksame Messauflagekraft unterhalb eines vorbestimmen Pegels gehalten wird.

[0007] Wahrend der Taststift 102 des Messgerates 100 in Kostakt unt der Oberfläche des Werkstückes ist, wird der Taststift 102 beim Vermessen des Werkstückes enflang der Oberfläche bewegt. Wenn der Kostaktbereich 102A des Taststifts 102 die Oberfläche des Werkstückes berührt, ändert sich das Ausgangseignal aus dem Sensor in Übereinstimmung mit der Schwingungsänderung des Taststifts 102. Das Ausgangssignal wird von einer Detektierschaltung 107 erfasst. Die Messauflagekraftkontrollschaltung 106 steuert den Messauflagekraftjusnermechanismus 104 (das elektromagnetische Stellelement) auf der Grundlage von Informationen aus der Detektierschaltung 107, wodurch die zwischen dem Werkstück und dem Taststift 102 wirksame Messauflagekraft gesteuert wird.

10008] Das Messgerät 100 steuen die Bewegung des Armes 101, d. h. die Bewegung des Kontaktbereiches 102A des Taststitis 102 mit einem einzelnen elektromagnetischen Stellelement (dem Messanflagekraftjustiermechanismus 104). Um den Kontaktbereich 102A so zu bewegen, dass dieser der Werkstückoberfläche folgt, während die Messanflagekraft mit einem vorbestimmten Pegel angelegt wird, ninss der Kontaktbereich 102A entlang der Hohenrichtung der Werkstückoberfläche in einem Bereich in der Größenordnung von Nanometer bis Millimeter bewegt werden.

[10009] Hierbei ergibt sich jedoch eine Spreizung von der Größenordnung 10<sup>6</sup> zwischen der Größenordnung von Millimeter Wenn die Bewegung des Kontalithereiches 102A durch das einzelne eightromagnetische Stellejement in dem obengenannten Bereich gesteuert wird, muss der Maximalwert auf 1000 V (d. h. die Steuerung für 1 mm bei 1000 V) (estgelegt werden, wenn angenommen wird, dass der Minimalwert des elektromagnetischen Stellejementes bei 1 mV tiegt. Da der Steuerungswertebereich zu groß ist, ist die Steuerung der Messauflagekraft schwierig.

#### **UBERBLICK ÜBER DIE ERFENDUNG**

[0010] Es ist eine Aufgabe der vorhegenden Erfindung, ein Mikrostruktungesigerät bereitzustellen, das in der Lage ist, in einfacher Weise und genau die Bewegung des Taststiftes von Nanometergrößenordnung bei zur Millimetergrößenordnung zu Steuern, so dass der Taststift in genauer Weise der Werksnückoberfläche mit einer vorbestimmten Messauflagekraft krigt, wodurch die Beschädigung an dem Werkstück und dem Taststift reduziert und die Messgenanigkeit verbessert wird.

[0011] Die Erfinder haben in Betracht gezogen, zwei Mechamstnen zu kombimeren, d. h. einen Peinsteuerunganiechanismus zum Auslenken des Taststiftes innerhalb eines Bereiches von der Nanometergrößenordnung bis zur Mikrometergrößenordnung, und einen Grobsteuerungsmechanismus zum Auslenken des Tiststiftes von einer Mikrometergrößenordnung bis zu einer Millimetergrößenordnung, um den Taststift innerhalb des Bereiches von der Nanometergrößenordnung bis zur Millimetergrößenordnung zu bewegen. Beispielsweise kann ein piezoelektrisches Element (PZT) als der Feinsteuerungsmechanismus verwendet wer-

3

den, und ein elektromagnetisches Stelleiement kann für den Grobsteuerungsmechanismus verwendet werden, wobei beide durch Anwendung einer bekannten Technologie gebildet zein können. Die Kombination des bekannten Feinsteuerungsmechanismus und des Grobsteuerungsmechanismus kann beispielsweise durchgeführt werden, indem der Taststift an einem beweglichen Bereich des Feinsteuerungsmechanismus vergesehen wird und undem ein fixierter Bereich des Feinsteuerungsmechanismus und einem beweglichen Bereich des Grobsteuerungsmechanismus un einem beweglichen Bereich des Grobsteuerungsmechanismus vorgesehen wird. [0012] Wenn jedoch der Feinsteuerungsmechanismus und der Grobsteuerungsmechanismus lediglich kombiniert werden, bereichtigtst die Reaktionskraft, die durch die Bewegnungen bereich die Reaktionskraft, die durch die Bewegnung

den, besinflasst die Reaktionskraft, die durch die Bewegung des beweglichen Teits des Peinsteuerungsmechanismus bervorgeröten wird, den fixierten Bereich des Fennseuerungs- is mechanismus, deran, dass unt den beweglichen Bereich des Grobstenerungsmechanismus, der mit dem fixierten Bereich versehen ist, eine Kraft ausgeführ wird. Anders ausgedrückt, es wird eine mechanische Überlagerung zwischen dem Poinsteuerungsmechanismus und dem Grobsteuerungsme- 20 chanismus bervorgerulen. Wenn diese mechanische Interferanz bzw. Basinflussong zwischen deus Feinsteuerungsmechanismus and dem Grobsteuerungsmechanismus bervorgerufen wird, wird der Taststift in kompfleierter und unkomtrollierbarer Weise ausgelenkt, so dass die Messauftagekraft. 25 nicht durch eine genaue Steuerung der Taststiftbewegung gesteuen werden kann. Eine unkontrollierbass Messauflagekrati, die auf den Tastatiti ausgeübt wird, hat eine Verschlechterung der Messigenaufgkeit und möglicherweise eine Beschädigung des Werkstückes und des Taststiftes zur 30

[0013] Um die niechanische Beeinflussung zwischen dem Frinstructures succhanismus and dem Grobsteverungsmechamsmus auszuschließen, kann die Masse des fixierten Bereiches des Feinsteuerungsmechanismus in ausreichender 35 Weise größer fastgalegt werden als die Masse des beweglichen Bereiches, so dass die Reaknonskraft des beweglichen Bereiches durch den fixierten Bereich absorbien wird, um the von dem Feinsteberungsmechanismus auf dem Grobsteuerungsmeehamamus ausgetibte Kraft zu vermeiden. Da 40 die Masse des gesantien Feinsteuerungsmechanismus vergrößen wird und die dem beweglichen Teil des Grobsteuerangsmuchanismus zuzulahrende Masse des vorzusebenden Feinsteberungsmechanismus vergrößert ist, wird das Reaktionsverniègen des Grobsteuerungsmechanismus verringen, 45 so dass die Mersgeschwindigkeit nicht erhöht werden kann. [0014] Um die gegensentige Beeinflussung zwischen dem Feinsteuerungsmechanismus and dem Grobsteuerungsmechanismus ohne großen Austieg der Masse des beweglichen Bereiches des Grobsieuerungsmechanismus zu eihuinferen, 50 besitzt ein Mikrostrukturmessperät gemaß der vorliegenden Erfindung den folgenden Aufbau.

[0015] Geneiß einere Aspekt der vorliegenden Erfindung amfasst ein Mikrostrukturmessgerätt einen Tasistift zur Kontaktierung eines Werkstückest einen Zustandsquanti- 58 tätssensor zum Erfassen einer Quantität eines Zustandes, die sich änden, wenn der Tasistift unt dem Werkstück in Kontakt ist, einen Amriebsmechamsmus zur Relativbewegung des Taststiftes und des Werkstuckes in einer Höhenrichtung einer Oberfläche des Werkstückes; einen Auslenkungssen- @ soir zum Erfässen einer relativen Bewegning des Taststiftes and des Werkstückes durch den Antriebsmechanismus, und eine Messaulagekraftkontrollschaltung zum Justieren einer an den Tasistift angelegten Messauflagekraft, webei der Antriebsmechanismus aufweist; einen fixierten Bereich; einen 65 Peinstenerungsmechanismus, der relativ zu dem fizieren Bereich auslenkbar ist und einen antzeibbaren beweglichen Bereich zur feinen Auslenkung des Taststiftes und/oder des

Werkstückes aufweist; und einen Grobsteuerungsmechanismus mit einem an dem fixierten Bereich des Femsteuerungsmechanismus angebrachten beweglichen Bereich zur größeren Auslenkung des Taststiftes und/oder des Werkstückes, wobei der Feinsteuerungsmechanismus einen ausgleichenden beweglichen Bereich aufweist, der ungefähr identisch zu dem autreibharen beweglichen Bereich des Feinsteuerungsmechanismus aufgebest ist, so dass dieser in einer Richtung entgegengesetzt zu einer Bewegungsrichtung des

10 antreibbaren beweglichen Bereiches bewegbar ist. Die Messauflagekraftkontrollschaltung betätigt den Feinsteuerungsmechanismus und/oder den Grobsteuerungsmechanismus auf der Grundlage eines Ausgangssignals aus dem Züstandsquamitätssensor, um die auf den Taxistift wirksame 15 Messauflagekraft zu justieren.

[0016] Das Mikrosirukturmessgerät besitzt zwei Mechanismen, d. h. den Feinsteberungsmechanismus zur feinen Auslenkung des Taststiftes innerhalb eines Bereiches von beispielsweise Nanometergrößenordnung bis zur Mikrometergrößenerdnung, und den Grobsteuerungsmechanismus zur größeren Auslenkung des Taststiftes innerhalb eines Bereiches von Mikrometergrößenordnung bis zur Millimetergrößenordnung. Um den Tastatift innerhalb eines Bereiches von Nanometer bis Mikrometer anzutreiben, wird der Felastederungsmechanismus betatigt. Um den Taststift innerhalb eines Bereiches von Mikrometer bis Millimeter anzutreiben, wird der Grobsteuerungsmechanismus betätigt. Durch Keinbination der Betätigung des Feinsteuerungsmechanismus und des Grobsteuerungsmechamsmus kann die Bewegung des Tasistiftes in einfacher Weise innerhalb eines Bereiches, von der Manometergrößenordaung bis zur Millimetergrößenordmag in kurzer Zeit gesteuert werden.

[0017] Da der Feinsteuerungsmechanismus einen ausgleichenden beweglichen Bereich mit nahezu der gleichen Struktur wie der antreibende bewegliche Bereich des Feinstederengsmachanismus, webel diese in einer Richtung entgegengesetzt zur Antrichsöchtung des antreibenden beweglichen Bereiches bewegt wird, aufweist, wird die Reaktionskraft auf den fixierten Bewich beim Betätigen des antreibenden beweglichen Bereiches an dem fixierten Bereich des Peinsteuerungsmechanismus durch die auf den fixierten Bereich wirksame Reaktionskraft aufgehoben, die derch Betätigen des ausgleichenden beweglichen Bereiches erzeugt wird (eine Kraft emgegengesetzt zur Reaktionskraft, die durch Befähgen des anneibenden beweglichen Bereiches erzougt wird). Anders ausgedrückt, die durch den anmeibenden beweglichen Bereich des Feinsteuerungsmechamamus hervorgerufene Reaktionskraft beeinflusst den bewegtichen Bereich des Grobsseuerungsmechanismus nicht. Da es keine mechanische Beeinflussung zwischen dem Feinsteuerungsmechanismus and dem Grobsieuerungsmachanismus gibi, wird folglich der Tasistift nicht in komolizierter und unkonmollierbarer Weise ausgelenkt, wedorch die Bewegung des Taststiftes mutels des Feinsjeuerungsmechanismus und des Grobsteuerungsmechanismus in genauer Weise gesteuert wird. Däher kann die auf den Tastatift wirksame Messauftagekraft in genauer Weise gesteuert werden, mit eine Beschüdigung an dem Werkstück und dem Tasistift zu reduzieren und gleichzeitig die Mesugenauigkeit zu verbessern

[9018] In den obigen Austührungsform kann der Tænstift vorzugsweise in resonamer Weise in einer axialen Richnung schwingen, und der Zustandsquanfitatssensor kann vorzugsweise die Schwingung des Taststiftes erfassen.

[0019] Da im Allgemeinen die Biegeeigenfrequenz in der axialen Richtung geringer ist als die Eigenfrequenz in der axialen Richtung, besitzt der in der axialen Richtung schwingende Tasistift eine größere Einpfindlichkeit als ein Tasistift mit einer Biegeschwingung in der axialen Rich-

tung Folglich kann eine auf den Taststift ausgeübte Measauflagekraft genauer gesteben werden, indem die Schwingung als eine Zustandsquantität des sehr senafbel reagierenden Taststiftes mit dem Detektor erfasst wird, wobel sich die
Schwingung andert, wenn der Taststift das Worksunek betühn, so dass der Feinsteuerungsmechanismus und der
Grobsteberungsmechanismus auf der Grundlage der Information aus dem Detektor betätigt werden. Genäß dem obigen Aspekt der vorliegenden Erfindung liegt die Bewegungsrichtung des Feinsteuerungsmechanismus und des
Grobsteberungsmechanismus vorzugsweise entlang einer
axialen Richtung des Taststiftes.

[0020] Da die Bewegungsrichtung des Feinsteuerungsroechanismus and des Grobsteuerungsteechanismus entlang der axialen Richtung des Taustiffes begen, kann folglich der 15 Taststift so bewegt werden, dass die axiale Richtung des Taststiftes entlang der Höhendchtung der Oberfläche des Werkstückes liegt. Anders ausgedrückt, da der Taststift fest gegen die Oberfläche des Werkstückes entlang dessen axisier Richtung gedrückt werden kann, kann die Änderung 30in der Schwingung des Tasssiffies, der in resonamer Weise entlang der axialen Richtung schwingt, genauer mittels des Desektors erlasst werden. In dem obigen Aspekt der vorhegenden Erfindung kann der Taststift vorzugsweise in der Langsrichtung näherungsweise orthogonal zu einer Bewe- 25 gungsrichtung des Feinsteuerungsmechanismus sein und der Grobsteuerungsmechanismus kann vorzugsweise an dem Feinsteberungsmechanismus mittels eines elastischen Hebels, der in einer Richtung entlang der Bewegungsrichtung elastisch verformbar ist, vorgesehen sein, wöbei der 30 Zuständsquantitätasansor eine elastische Verfohmung dus elastischen Hebels detektiert.

[0021] Folglich verformt sich der elastische Hebel in elastischer Weise mittels der an den Tastmift angelegten Messauflagekraft. Die Messauflagekraft kann gesteuert werden, 35 undem der Feinstenerungsmechanismus und der Grobsieberungsmechanismus auf der Grundlage der elastischen Verformung des elastischen Hebels betätigt werden.

[0022] In dem obigen Aspekt der vorliegenden Erfindung kann der Feinsteuerungsmechanismus vorzugsweise ein 40 Hochgeschwindigkeits-Feinausteukungsfestkörperetement, etwa ein piezoelektrisches Eiement oder einen Magnetostriktor umfassen.

[0023] Durch Schichung dünner Platten aus PZT (Bietzirkonanitanat), das einen elektrostriktiven Effekt zeigt, um 45 das piezoelektrische Element zu bilden, kann der elektrisch steuerbare Peinsteuerungsmechanismus, in einfacher Weise gebildet werden. Das Hochgeschwindigkeits-Feinauslenkungsfestkörperelement kann ein Magnetostriktor oder eine Pormerinnerungslegierung sowie das piezoelektrische Ele-50 ment, etwa ein VZT, sein.

[0024] In dem obigen Aspekt der vorliegenden Erfindung kann der Grobsteuerungsmechanismus voratigsweise umfassen: einen fizierten Bereich; einen bewegtletten Bereich, der in einer Höhenrichtung der Oberfläche des Werkstückes 58 telativ zu dem fizierten Bereich bewegbar ist; und ein paralleites Paar Arme, die in einer Höhenrichtung der Oberfläche des Werkstückes beabstandet sind, wohen das Armpaar an einem Ende drehbar an dem fizierten Bereich befestigt ist und mit dem anderen Ende drehbar an dem beweglichen Bereich befestigt ist.

[0025] Da der bewegliche Bereich an dem parallelen Armpaar relativ zu dem fixierten Bereich vertikal beabstander gehalten ist, kann der bewegliche Bereich ohne Änderung seiner Stellung bzw. Orienterung vertikal bewegt wer- 63 den. Wenn daher der Taststift an dem beweglichen Bereich vorgesehen ist, kann der Taststift ohne Änderung der Orientierung des Taststiftes bewegt werden.

[0026] Da ferner der Arm an dem fixierten Bereich und dem beweglieben Bereich durch das elastische Scharnier obne die Norwendigkeit für ein Schmieröl vorgesehen ist, kann der Grobswuerungsmechanismus schminztrei gehalten werden und ist damit effiziem zur Messung des Oberfischenprofils eines Halbicherwafers und dergleichen verwendhar

mation aus dem Detektor betätigt werden. Gemäß dem obigen Aspekt der vorliegenden Erfindung liegt die Bewegungsrichtung des Feinsteuerungsmechanismus und des Grobsteuerungsmechanismus vorzugsweise entlang einer axialen Richtung des Tastmittes.

[0027] De ferner die Drebbewegung des Armes minels des elastischen Schamlers eine geringen Reibung als eine Drebbewegung des Armes unter Verwendung eines Rollagers und dergleichen aufweist, kann der bewegliche Bereich in genauer Weise parallel ohne Spiel gesteuert werden.

[0028] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung kann der Grobsteuenungsniechanismus vorzugsweise ein Luftlager oder eine elastische Federplatte umfas-

[6029] Da der Grobstenerungsmechanismus ein Lufitager oder eine classische Pederplatte ohne Notwendigkeit für ein Schmieröt verwendet, kann der Grobsteuerungsmechanismus schmitzfrei gehalten werden, wodurch dieser für die Messung des Oberflächenprofils von Halbleiterwalern und dergleichen geeignet ist.

(0030) In einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung kann der Austenkungssensor verzagsweise einen ermen Auslenkungssensor zum Erfassen einer durch den Peinsteuerungsreechamismus bervorgerufenen relativen Bewegung zwischen dem Taststift und dem Werkstück und einen zweiten Auslenkungssensor zum Erfassen einer durch den Grobsteuerungsmechanismus bervorgerufenen relativen Bewegung zwischen dem Taststift und dem Werkstück umfassen. Da das Mikrostrukturmessgerät den ersten Auslenkungssensor zum Erfassen der durch den Feinsteuerungsmitchamismus hervergerufenen Bewegung des Tastsbilles und den zweiten Austenkungssensor zum Erfassen der durch den Grobsteuerungsmechanismus hervorgerufenen Bewegung des Taststiftes umfasst, können die durch den Feinstenerungsmechanismus und den Grobsteuerungsmechanismus bervorgerufenen Auslenkungen mabhängig voneinander erfasst werden, wodarch die unabhängige Steuerung des Feinsteuerungsmechanismus und des Grobsteuerungsmechanismus orteichtert wird.

[0031] In einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung kann der Auslenkungssensor vorzugsweise eine durch den Feinsteuerungsmechanismus und den Grobsteuerungsmechanismus bewickte retailve Bewegung zwischen dem Taststift und dem Werkstück erfassen

[6032] Da der Auslenkungssensor zum Deiektieren der durch den Feinsteuerungsmechanismus und den Grobsteuerungsmechanismus bervorgerufenen Bewegung des Tasssiftes aus einer einzelnen Komponente aufgebauf ist, können die Kossen reduziert werden.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

 [0033] Fig. 1 ist eine allgemeine Blockdarstellung, die ein Mikrostruktursessgerät genäß der ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform zeigt;

[0034] Fig. 2 ist eine vergrößene perspektivische Ausicht, die einen Tastsüftmechamsmus der zuvor genannten Ausführungsform zeigt;

[0035] Fig. 3 ist eine perspektivische Ansicht, die einen Antriebsmeelnanismus der zuvor genannten Ausführungsform darstellt;

[0036] Fig. 4 ist eine perspektivische Ansicht, die einen Hauptbereich eines Mikrosiruknumessgerätes gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeign:

[0037] Fig. 5 ist eine perspektivische Ansicht die eine

Modifikation der vorliegenden Erfindung darstellt: und [0038] Fig. 6 ist eine allgemeine Blockansicht, die ein konventionelles Messgerät zeigt.

DETAILLIERTÉ BESCHREIBUNG EINER BEVORZUG-TEN AUSFÜHRUNGSFORM BZW. AUSFÜHRUNGS-FORMEN

[0039] Im Polgenden werden jeweilige Ausführungsformen der vorliegenden Erlindung mit Bezug zu den beige- 40 10gion Zeichnungen beschrieben.

#### Ersic Austührungsform

[0040] Fig. I ist eine aligemeine Blockdarsigitung, die ein 15 Mikrostrukturmessgerät gemäß der ersten erfindungsgemä-Ben Ausführungsform zeigt.

[0041] Das Messgerät I umfasst einen Tasssiftmachanismas 10 mit eheem Taststift 12 zur Kontaktierung eines Werkstückes W, einen Antriebsmechanismus 20 zum vern- 30 kalen (in der Höherrichtung der Oberfläche des Werkstellkes W) Bewegen des Tasistiftes 12, einen Auslenkungssensor zum Detektieren der durch den Antriebemechanismus 20 hervorgerafenen Bewegung des Taststiftes 12, und eine auf den Tastsuft 12 ausgelibeen Messanflagekraft.

[0042] Der Taststiftmechanismus 10 mufasst, wie in Fig. 2 gezeigt ist, einen ungefähr C-förmigen Halter H. einen Taststift 12 mit einem an dem distalen Ende vorgesehenen wobei der Taststift 12 von dem Malter, 11 om einem abgewandien Ende, das aus einer Offmung hervorrage, gehalten ist, vier Verbindungselemente 13, 14, 15 und 16 zum Verhinden des Halters II und des Tasistifies 12, ein Schwinuing in resonanter Weise in Schwingung zu versetzen, und einen Detektor 18 als einen Zustandsquanhtätssensor zum Erfassen einer Änderung in der Resonanz, wenn der Kontaktbereich 12A des Taststiftes 12 das Werkstück W berührt. [0043] Der Tasistift 12 ist als eine Sänie geformt, wobel 40 der Münenbereich 12B des Taststiftes 12 ungeführ in axialer Richtung in der Mitte des Taststiftes 12 und auf der Achse liegt. Anders ausgedrückt, der Taststift 12 im ungefähr symmetrisch binsichtlich seiner axialen Richtung.

[0044] Die Verhindungselemente 13, 14, 15 und 16 des 35 Taststiftes 12 sind mit entsprechenden Verbindungsbereichen 13A, 14A, 15A and 16A verbandes, webci eta Abstand von den Verbindungsbereichen 13A und 14A zou-Taststiftunttelbereich gteich ist dets Abstand von den Verhindangsbereichen 18A und 16A zum Tastsüftmittelbe- 50 reich. Anders ausgedrückt, die Verbindungsbereiche 13A and 14A and die Verbindungsbereiche 18A and 16A sind jeweils axial symmetrisch um den Mittelbereich 128 des Taststiftes 12 vorgeschen. Perner sind der Verbindungsbereich 13A und der Verhindungsbereich 14A jeweils symmetrisch 55 relativ zu der Achse des Tasistiftes 12. In ähnlicher Weise sind der Verbindungsbereich 15A und der Verbindungsbereich 16A jeweils axial symmetrisch relativ zu der Achse des Taststittes 12, in underen Worten, die vier Verbindungsbereiche 13A, 14A, 15A und 16A sind synametrisch relativ 30 zu dem Mincibereich des Tasistiftes und sind axial symmetrisch relativ zor Achse des Tastsülfes.

[0045] Das Schwingungselement 17 and der Detektor 18 sind in einem integrieden mezoelektrischen Element 19 ausgebildet, das an der Vorderseite und Rückseite des Taststif- 65 tes 12 vorgesehen ist, um sich über die Verbindungsbereiche 13A, 14A, 15A and 16A za entrecken. Obwobi dies nicht gezeigt ist, sind eine schwingende Elektrode und eine dotek-

tierende Elektrode an der Oberfläche des piezoelektrischen Elementes 19 ausgebildet. Das Schwingungsetement 17 und der Detelbor 18 sind jeweils so ausgebildet, dass die schwingende Elektrode mit einem Anschlussdraht zum Zuführen einer oszillierenden Spannung und die detektierende Elektrode mit einem Anschlussdraht zum Zuführen einer Detektierspanning ausgestatus sind.

[0046] Wieder mit Bezag zu Fig. 1, wenn ein vorbestimmetes Signal von der Schwingungsschaltung 17A einer Taststiftkontrollschultung 19A zu dem Schwingungseiement 17 gesendet wird, schwingt der Taststift 12 in seiner axialen Richtung in resonanter Weise. Die Resonanz änden sich, wenn der Kontaktbereich 12A des Taststiftes 12 das Werkstück W berühm. Die Änderung wird von dem Detektor 🗱 erfassi, so dass ein detektienes Signal zu der Messauflagekrafikomrollschahung 14 über die Detektierschaltung 18A der Tasistiftkontrollschaltung 10A übermittelt wird.

[0047] Wie in den Fig. 1 and 3 gezeigt ist, umfasst der Antriebsniechanismus 20 einen Feinstellerungsmechanismus 50 zur feinen Auslenkung des Taststiffes 12 innechalb eines Bereiches von der Größenordnung Nanometer zur Größenordnung Mikronester, und besitzt einen Grobsteuerungsmechanismus 60 zur gröberen Auslenkung des Tæssüftes 12 in der Größenordnung von Mikrometer bis Millimeter.

Messanflagekraftkontrolischaltung 40 zum Justieren einer 25 [6048]. Der Feinsteuerungsmechanismus 50 umfasst einen fixierten Bereich \$1, der an dem umen beschriebenen beweglichen Bereich 62 des Grobsteberungsmechanismus befestigt ist, einen antreibenden bewegheben Bereich \$2, der an einer umeren Seite des fixienen Bereiches 51 vorgesetten Kontaktbereich 12A zur Kontaktierung des Werkstückes W. 30 ist, und einen ausgleichenden beweglichen Bereich 53, der an einer oberen Seite des fixierten Bereiches \$1 vorgesehen ist. Der antreibende bewegliche Bereich \$2 und der ausgleichende bewegliche Bereich 53 bewegen nich gegennätzlich relativ zu dem als einem Basispunkt tangierenden fixierien gungselemen: 17, um den Tasistift 12 in seiner axialen Rich- 35. Bereich 51. Der Taststift 12 ist an einer unteren Seite des antreibenden beweglichen Bereiches 52 mittels des Balters 11 vorgesetten. Die axiale Richtung des Tasistiftes 12 erstreckt sich entlang einer Höhenrichtung des Werkstückes W (d. h. der Bewegungsrichtung des Feinsteberungsmechanismer 50 und des Grobstenerungsmechanisinus 60). Ein Ausgleicheelement 53A ist an einer oberen Seite des ausgleichenden beweglichen Bereiches 53 bei Bedarf vorgesehen.

[0049] Der antreibende bewegliche Bereich \$2 und der ausgleichende bewegliche Bereich 53 sind jeweils so ausgeblidet, dass dunne Platten eines piezoeiektrischen Etementes (PZT) geschichtet sind und ungefähr die gleiche Struktur aufweisen. Wenn Spannungen mit annäherne der gleichen Signalform an den auf diese Weise aufgehauten antreibenden beweglichen Bereich 52 und den ausgleichenden beweglichen Bereich 53 angelegt werden, dehnen sich beide piezoelektrische Elemente gleichzeitig aus oder ziehen sich gleichzeitig zusanunen. Da sich der anneibende bewegliche Bereich 52 und der ausgleichende bewegliebe Bereich 53 relativ zu dem finierten Bereich 51 als ein Basispunkt ausdehnen und zuszenmenziehen, dehnen sich, wenn eine vorbestimmte Spannung zur Debnung der piezoelektrischen Elemente angelegt wird, der antreibende bewegliche Bereich \$2 relativ zu dem fixierten Bereich \$1 als Basispunkt nach unten und der ausgleichende bewegliche Bereich 53 relativ zu dem fixierten Bereich SI als Basisponkt mech obes. Wens anderessens eine verbestimmte Spanning zum Kontrahieren der piezoelektrischen Elemente angelegt wird, zight sich der antreibende bewegliche Bereich 52 relativ zu dem fixtened Bereich 51 als Basisponkt nach oben zosammen und der ausgleichende bewegliche Bereich 53 ziehr sich relativ zu dem fixierten Bereich SI als Basispinkt nach unten zosamusen.

[0050] Polglich wird die Reaktionskraft auf den fixierien

Bereich SI beim Betätigen des aufreibenden bewegtichen Bereiches 52 an dem fixierten Bereich 51 des Feinsteuerungsmechanismus 50 durch die an den fixierten Bereich 51 angelegte Reaktionskraft aufgeboben, die durch Berätigen des ausgerichenden beweglichen Bereiches 53 (eine Krai) entgegengesetzt zur Reaktionskraft, die durch Betätigen des antreibenden beweglichen Bereiches 52 bervorgerafen wird) erzeugt wird. Anders ausgedrückt, die darch den antreibenden beweglichen Bereich \$2 des Beinsteuerungsmechanismus 50 betvorgerufene Reaktionskraft beeinflusst den 10 beweglichen Bereich 62 des Grobsteuerungsnuchamsnus 60 nicht. Ferner ist die Masse des Ausgleichselementes 53A des ausgleichenden beweglichen Bereiches 53 so gestaltet. dass die entsprechenden Reaktionskräfte des antreibenden beweißichen Bereiches 52 und des ausgleichenden beweiß. 15 oben Bereiches \$3 gleich sind.

[8051] Der Grobsteberungsmechanismus 60 umfasst einen fixierten Bereich 61, der an einer Basis (nicht gezeigt) befestigt ist, den bewegtichen Bereich 62, der vertikal (in zu dem fixierten Bereich 61 mateis einer paralleien Verbindang bewegbar ist, and ein Antrichsmittel 63 zum vertikalen Bewegen des beweglichen Bereiches 62.

[0052] Das Ausrichenditel 63 analyssi ein Paur Arme 63A. deren beiden Ende drebbar in dem fixlemen Bereich 61 aud. 🕾 dem beweglichen Bereich 62 befestigt sind, wohen die Arme vertikal beabstandet und parallel angeordnet sind, ein elastisches Schamier bzw. Drehgelenk 638 zum drehberen Haljen der Enden der Arme 63A relativ zu dem fixienen Bereich 61 und dem beweglichen Bereich 62, und einen An-30 trichansotor 63C mit einer Ausgangswelle, die mit dem elsstischen Scharmer f3B zum Brehen des Armes 63A verhanden ist. Die Arnspäare 63A sind jeweils an belden Seiten des fixierten Bereiches 61 und des beweglichen Bereiches 62 vorgeschen.

[0053] Der Auslenkungssensor 30 umfasst einen ersten Auslenkungszensor 31 zon: Erfassen einer durch den Feinsteuerungsmechanismus 50 bewickten Bewegung des Taststrites 12, and einen zweiten Auslenkungssensor 32 zum Erfassen einer durch den Grobsteuerungstaechaniemus 60 be- 40 wirkten Bewegung des Taststiftes 12.

[0084] Der erste Austenkungssensor 31 penfasst eine bewegliche Elektrode 31A, die an einer anteren Seite des autreibenden beweglichen Bereiches 52 des Feinsteuerungsmachanismus 50 vorgeschen ist, und eine fixierte Elektrode 48 31B gegenüber der beweglichen Elektrode 31A und von dieser vertikal beabstandet. Die fixjene Elektrode 318 ist ringförnig ausgebildet, wobei ein Teil davon an dem beweglichen Bereich des Grobsteberungsmechanismus 60 befestigit ist, and in den der antreibende bewegliche Bereich \$2 - 30 in vertikal beweglicher Weise eingeführt ist.

[0055] Wenn sich der antreibende bewegliche Bereich 82 ausdehnt und zusammenzicht, wird die an der unieren Seite des antreibenden beweglichen Bereiches 52 vorgesehene bewegliche Einktrode 31A vertikal ausgelenkt, so dass sich 🚳 der Abstand zwischen der beweglichen Elektrixie 31A und der fixierien Elektrode 31B änden. Wenn sich der Abstand zwischen der beweglichen Elektrode 31A und der fixierten Elektrode 31B ündert, ändert sich die etektrostetische Kapazifät zwischen der beweglichen Elektrode 31A und der fi- 80 xiegen Elektrode 31B, so dass der Abstand zwischen der beweglichen Elektrode 31A und der fixierten Elektrode 31B, d, h, the Bewegung des unteren Endes des antreibenden beweglichen Bereiches 52, durch Detektieren der elektrostauschen Kapazität erfasst werden kann.

[8056] Der zweite Auslenkungssensor 32 detektiert eine Auslenkung des beweglichen Bereiches 62 des Grobstenerungsmechanismus 60, um das Ergebnis an die Darenverarbeitungsschältung auszugeben. Der spezielle Aufban des zweiten Auslenkungssensors 32, der durch einen Indukator und dergleichen gebildet sein kann, ist nicht eingeschränkt. [6057] Die Summe der jeweiligen Auslenkungen des Taststiftes 12, die von dem ersten Auslenkungssensor 31 und dem zweiten Auslenkungssensor 32 detektiert werden, etgibt die gesame Auslenkung des Taststiftes 12 durch den Feinsteuerungsmechanismus 50 und den Grobsteuerungsmechanismus 60

[0058] Wie in Fig. 1 gezeigt ist, steven die Messauflagekrafikontrollschaltung 🐠 das Betätigen des Febrsteuerungsmechanismus 50 and des Grobsteuerungsmechanismus 60 mintels officer Feinsteuerungsmechanismus-Anstenceschalting 50A and oner Grobsteverungsmechanismus-Austeuerschaltung 130A nach Empfang des von einer Detektierschaltung 18A der Tasistiftkontrollschaltung 10A übermittelten desektierten Signals. Die Detektierschahung 18A gibt die Anderung in der Resonanz, die von dem Detektor 18 erfasst wird, als ein Signal mit entsprechender Amplitudenände-Höhenrichtung der Oberfläche des Werkstückes W) relativ 20 rung aus. Die Messauflagekraftkontrollschaltung 40 berechnet eine Differenz zwischen einem vorbestimmten Signalwert emsprechend der Messauflagekraftkontrollschaltung 40 und dem Ausgangssigned ans der Detektierschaltung 18A, der zu der Peiesteuerungsmechanismus-Ansteuerschaltung 80A und der Grobsteuerungsmuchamismus-Aresteuerschaltung 60A zusammen mit bedarfsweise berechneten differentiellern Wert und integralem Wen übermittelt

> [0059] Wenn die tatsächlich auf den Taststift 12 angelegte Messauflogekraft größer als der vorbestimmte Wart wird, überträgt die Messauflagekraftkomrollschaltung 40 ein Signel an die Feinsteberungsmechanismus-Austeuerschaltung 50A und die Grobsteuerungsmechanismus-Ansteuerschalrung 60A, um das untere Ende dus autreibenden beweglichen Bereiches \$2 von den Werkstück W wegzubewegen. Wenn andererseits die taisächlich auf den Taststift 12 wirksame Messauflagekraft kleiner als der vorbestimmte Wert wird, sendet die Messauflagekraftkontrollschattung 40 ein Signal an die Feinsteuerungsneechanismus-Ansteuerschaltung \$0A und die Grobsteuerungsmechanismus-Ansteuerschaltung 60A ein Signal, so dass das untere Ende des antreibenden beweglichen Bereiches 52 in Richting auf das Werkstück W bewegt wird, mi den Taststift 12 gegen das Werkstück W zu drucken.

> [0060] In dem Mikrosmukunnessgerät I wird der Tastsrift 12 mit der Oberfläche des Werkstückes Wontsprochend einer vorbestimmten Messauflagekraft in Kontakt gebracht und der Tasistift 12 wird zum Messen entlang der Oberfläche bewegi.

[0061] Während der Taststift 12 in resonanter Weise in der axialen Richtung in Schwingung versetzt wird und der Kontakthereich 12A des Taststiffes 12 in Kontakt mit der Oberfläche des Werkstückes W bleibt, werden der Taststift 12 und das Werkstück W in der horizontalen Richtung (in einer Richtung senkrecht zur Höhenrichtung der Oberfläche des Werkstückes W) relativ zneinander bewegt. Sodann ändert sich der Abstand zwischen der Oberfläche des Werkstückes W und deni unteren Ende des astreibenden beweglichen Bereiches 52 aufgrund von Irregularitäten der Oberfläche des Werkstückes W, so dass die zwischen dem Werkstück W und dem Taststift 12 wirksame Messauftagekraft sich ändert. Die Änderung der Messauftagekraft bewirkt die Änderung in der Amplitude des Tasistiftes 12, die von dem Detoktor 18 erfasst wird, so dass das hierdurch bervergerafene 65 Signal über die Detektierschaltung 18A zu der Messauftagekraftkomrollschaltung 40 übertragen wird. Die Messaufiagekraftkontrollschaltung 40 führt auf der Grundlage der Infoonation aus der Detektierschaltung 18A Benechmungen

aus. Das Berechnungsergebris wird an die Feinsteuerungsmechanismus-Anstenceschaltung 50A und die Grobsteuerungsniechanismus-Ansteberschaltung 60A übertragen, um den Feinsteuerungsmechanisseus 50 und den Grobsteuerangsmechanismus 60 mittels der jeweiligen Austeuerschaftangen 50A und 60A anzumiben. Folglich kann der Abstand zwischen der Oberfläche des Werkstückes W und den: unteren Ende des autreibenden beweglichen Bereiches 52 auf der Grundlage der Änderung der Ampfinade des Taststiftes 12 justient werden, wodurch die Messauflagekraft, die 10 zwischen dem Werkstück W and dem Kontakthereich 12A wirksam ist, auf einem verbestimmen Wert gehähen wird, [0062] Andererseits wird die Bewegung des Tasssiftes 12 dorch den ersten Auslenkungssensor 31 und den zweiten Auslankungssansor 32 deteknart, so dass der Quarschnin 18des Werkstrickes W mittels der Datenverarbeitungsschaftung 1A auf der Grundlage dieser Information berechnet

[0063] Gemäß der oben beschriebenen vorliegenden Austührungsform können die vorliegenden Wickungen erhalten 20 werden.

[6964] (1) Das Mikrostrukturmessgerät I umfasst zwei Mechanismen, den Peinsteuerungsmechanismus 50 zur feinen Ansbenkung des Taststiftes 12 innerhalb eines Iserefches von der Größenordnung Nanometer his Mikrometer, und 25 den Grobsteuerungsmechanismus 60 zur groben Auslenltung des Tasistifies innerhalb eines Bereiches von der Grö-Schordoung Mikrometer bis Millingter. Uni den Tastshift 12 innerhalb eines Bereiches von der Größenordnung Nanometer bis Mikrometer anzutreiben, wird der Feinstegerungsme- 30 chanisurus \$6 betätigt. Um den Tastetilt 12 innerhalb eines, Bereiches der Größenordnung von Mikrometer his Millimeter anzotreiben, wird der Grobsteuerungsmechanismus 60 betätigt. Durch Kombinieren des Betätigens des Feinsteuerungsmechanismus 50 und des Grobsteuerungsmechanis- 35 ones 60 kann die Bewegung des Tasisfiftes 12 in einfacher Weise innerhalb eines Bereiches in der Größenordnung von Namemeter bis Millimeter in korzer Zeit gesteuert werden. [0065] Da ferner der Feigwegerungsmechanismus 50 mnen ausgleichenden beweglichen Bereich \$3 unt ungefähr 40 deni gleichen Aufbau wie der antreibende bewegtiehe Bereich 52 des Feinsteuerungsmechanismus 50 aufweist, der in einer Richtung entgegengesetzt zur Bewegungsrichtung des antreibenden bewegtichen Bereiches \$2 bewegt wird, wird die Reaktionskraft auf den fezienen Bereich 51 beim 43 Betängen des antreibenden beweglichen Bereiches 52 an dans fixierten Bereich 51 des Peinsteuerungsmachanismus 50 durch die auf den fixierien Bereich 51 angelegte Reaktionskraft, die durch Beiätigen des misgleichenden beweglichen Bereiches 53 arzengt wird (eine Kraft entgegengesetzt. 80 zur Reaktionskraft, die durch Betütigen des antreibenden beweglichen Bereiches 52 verursacht wird) aufgehoben. Anders ausgedrückt, die Keakhonskraft durch den antreibenden beweglichen Bereich 52 des Feinsteuerungsmechanisneus 50 beeinflusst den beweglichen Bereich 62 des Grob- 55 steuerungsmechanismus 60 nicht. Da es keinen gegenseitigen mechanischen Einfluss zwischen den Feinsteberungsmechanismus 50 and dess Grobsteverungsmechanismus 60 gibt, wird folglich der Taststiff 12 mehr in komplizierter und unkontrollierbarer Weise ausgelenkt, so dass die Bewegung - 60 des Taststiftes 12 mittels des Peinsteuerungsmechanismus 50 and des Grobsteherungsreechsnismus 60 in genauer Weise steuerbar ist. Daher kann die Messauflagekraft, mit der der Tasistift 12 beaufschlagt wird, in genauer Weise gesteuert werden, und eine Beschädigung des Werkstläckes W. 65 und des Taststiffes 12 zu verringern, webei gleichzeitig die Messgenauigkeit verbessert wird.

[0066] (2) Da die Biegeeigenfaequenz in der axialen Rich-

tung geringer ist als die Eigentrequenz in der axialen Richtung, hat im Aligeneinen der Taststift 12, der in der axialen Richtung schwingt, ein besseres Antwortverhalten als ein Taststift mit einer Biegeschwingung in der axialen Richtung. Folglich kann die Messauflagekraft, mit der der Taststift 12 beaufschlagt wird, genaber gesteben werden, indem die Schwingung als eine Zustandsquantität des hochempfindlichen Taststiftes 12 mit dem Detektor 18 erfasst wird, wobei sich die Schwingung ändert, wenn der Taststift 12 das Werkstück W berührt, so dass der Feinsteberungsmechanismus 50 und der Grobsteberungsmechanismus 60 auf der Grundlage der Information aus dem Detektor 18 betätigt werden.

[0067] (3) Da die Bewegungsrichtung des Feinsteuerungsmechanismus 80 and des Grobsteuerungsmechanismus 60 entlang der axialen Richtung des Taststiftes 12 hegen, kann der Tasishfi 12 bewegt werden, wobei die axiale Richtung des Taststiftes 12 emlang der Höttenrichtung der Oberfläche des Werksiticks W hegt. Anders ausgedrückt, da der Taststift 12 zuvertässig gegen die Oberfläche des Werkstückes Wentlang dessen axialer Richtung gedrückt werden kann, kann die Ändening der Schwingung des Tasistifies 12, der in resonanter Weise entlang dessen axialer Richtung schwingt, genaber minels des Detektors 18 erfasst werden. [6968] (4) Da der Feinstenerungsmechanismus 50 durch Schichtbildung dunner Platter aus FZT (Bleizirkonstitanat), das einen elektrostrikriven Effekt zeigt, gebildet ist, kann der etaktrisch stauerbare Paiostauerungsmechanismut 50 in einfacher Weise aufgebaut werden.

[0069] (S) Da der bewegliche Bereich 63 des Grobsteuerungsmechanismus 60 an dem paralisten Paar Armen 63A relativ zu dem fixierten Bereich 61 vertikal beabstandet gebalten ist, kann der bewegliche Bereich 62 ohne Orientierungsanderung vertikal bewegt werden. Folglich können der Frinsteuerungsmechanismus 50 und der Taststift 12 ohne Orientierungsänderung des Fabisieuerungsmechanismus 50 und des Taststift 32, der an dem beweglichen Bereich 62 vergesehen ist, bewegt werden.

[0070] Da femer der Ami 63A an dem fixierten Bereich 61 und dem beweglichen Bereich 62 mittels des elastischen Schamiers 63B ohne Notwendigkeit für ein Schmieröf vorgesehen ist, kann der Grobsteuerungsmechamsmus schmutzfrei gehalten werden und in effizienter Weise zum Messen des Oberflachenprofils eines Halbleiterwalers und dergleichen verwendet werden.

[0071] Da ferner dis Dretibewegung des Armes 63A mittels des elastischen Scharniers 63B eine kleinere Reibung aufweist als eine Drehbewegung des Armes unter Verwendung eines Rollagers und dergleichen, kann der bewegliche Bereich 62 in genauer Weise parallel ohne Spiel bewegt werden.

[0072] (6) Da das Mikrostrukturmessgerät 1 den ersten Auslenkungssensor 31 zum Erfassen der durch den Feinsteuerungsmechanismus 50 bewirkten Bewegung des Taststiftes 12 und den zweiten Auslenkungssensor 32 zum Erfassen der durch den Grobsteuerungsmechanismus 60 bewirkten Bewegung des Taststiftes 12 undasst, können die durch den Feinsteuerungsmechanismus 50 und den Grobsteuerungsmechanismus 60 hervorgerufenen Auslenkungen des Taststiftes 12 unabhangig detektiert werden, wodurch eine unabhängige Steuerung des Feinsteuerungsmechanismus 60 erleichten wird.

#### Zweite Ausführungsform

[0073] Fig. 4 zeigt ein Mikrostrukturmessgerät 2 gemäß der zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform. Da die

vorliegende Ausführungsform sich von der oben beschriebenen ersten Ausführungsform lediglich im Aufbau des Grobsteuerungsmechanismus und des Auslenkungsensors unterscheidet und der restliche Aufbau und Funktionen gleich sind, werden die gleichen Referenzzeichen für die gleichen oder ähnlichen Kompanenen verwendet, um deren Beschreibung wegzulassen oder zu vereinfachen.

[0074] Ein Grobsteuerungemechanismus 70 bewegt den Feinsteuerungsmechanismus 50 und den Taststift. 12 in vertikaler Richtung, durch vertikales Bewegen einer bewegli- 10 chen Spude 73 imperhalb cines Spalts eines magnetischen Kreises, der aus einern an einer Basiseinheit (nicht gezeigt) befestigten: Joch 71 und einem Permanenthagnet 72 aufgebaut ist, und durch Vorschen des Feinsteuerungsmechanismus 80 an der unieren Endseite der beweglichen Spule 73. 15 Eine Platte 74 ist an dem unteren Ende der beweglichen Spule 73 befestigt. Der fixierte Bereich 51 des Feinsteuerungsniechanismus 30 ist an einem Halteelement 75, das aus der Platte 74 nach unten hervorragt, befestigt, wodurch der Feinstederungsmechanismus 50 an der beweglichen Spule. 20. 73 befestigt im. Der Feinsteuerungsmachanismus 50 und der Tasistift 12 können vertikal bewegt werden, indem der durch die bewegliche Spule 73 fließende elektrische Strom gestegen wird. Perger wird die bewegliche Spule 73 gehalten, indem beispielsweise ein Eude der in der Bewegungs- 25richting der beweglichen Spule 73 elastisch verformbaren Federplatie an dem Halteelement 75 und das andere Ende der Federptätte an dem Basiselement befestigt werden.

10075] Ein Austenkungssensor 80 umfasst eine bewegliche Elekurxic 82, die an einer unteren Seite des amreiben 30 den beweglichen Bereiches 82 des Feinsteuerungsmechanismus 50 durch ein Zwischenglied 81 befestigt ist, und eine fixierte Elektroxie 83, die vertikal beabstandet und gegenführliegend zu der beweglichen Elektroxie 82 angeordnet ist. Die fixierte Elektroxie 83 ist ringförmig ausgehildet und 33 wird an dem Joch 71 des Grobsteuerungsmechanismus 70 mittels eines L-förmigen Halteelememes 84 gehalten, wobei das Zwischenglied 81 in vertikal bewegbarer Weise eingefügt ist.

[0076] Der Auslankungssensor 80 erfasst die elektrostati- 40 sche Kapazität zwischen der fixierten Elektrode 83 und dem beweglichen Elektrode 82, um die durch den Feinstenerungsmechanismus 50 and den Grobsteuerungsmechanisnos 80 bewirkte Bewegung des Tastsilftes 12 zu erfassen, die sich von dem ersten Auslenkungssensor der ersten Aus- 45 tührungsform unterscheidet. Da insbesondere die fixierte Elektrode 31B des ersten Auslenkungssensors 31 an dem beweglichen Bereich 62 des Grobsteuerungsmechanismus 68 befestigt ist, wird die Bewegung des Abtaststiltes relativ zum beweglichen Bereich 62 des Grobsteuerungsmochanis - 50 mus 60 detektion. Da andererseits die fixiene Elektrode 83 des Auslenkungssensors 80 an dem an der Basiseinheit des Grobsteuerungsmechanismus 70 befestigten Joetis 71 vorgeschen ist, wird die Bewegung des Tastsliftes 12 relativ zu dem Josh 71 (fix)erier Bereich) des Grobsteverungsmecha- 55 nismus detektiert.

[0077] Gemäß der zuvor beschriebenen vorliegenden Ausführungsform können der folgende Effekt sowie die Effekte (1) bis (4) der zuvor genannten ersten Ausführungsform erhalten werden.

[9078] (7) Da der Ausienkungssensor 80 zum Erfassen der durch den Feinsteuerungsmechanismus 80 und den Grobsteuerungsmechanismus 70 bewirkten Bewegung des Tastsuffes 12 aus einer einzelnen Komponente aufgebaut ist, können die Kosten für den Ausienkungssensor 80 reduzien 55 werden.

# Modifikationen

[0079] Der Schutzbereich der vorliegenden Erfindung ist nicht auf die jeweiligen obigen Ausführungsformen beschränkt, sondern Modifikationen und Verbesserungen sind in der vorliegenden Erfindung miteingeschlossen, solange eine erfindungsgemäße Aufgabe gelöst werden kann.

[0080] Obwohl der axial schwingende Taststift 12 in den jeweiligen Ausführungsformen verwendet wied, ist beispielsweise der Taststift der vorliegenden Erfindung nicht auf eine derutige Aushildung eingeschränkt, sondern ein Taststift 90, wie er in Fig. 5 gezeigt ist, kann verwendet werden.

[0081] Der Tasistift 90 ist an dem antreibenden beweglichen Bereich des Feinsteuerungsmüchanismus mittels eines elastischen Hebels 91 vorgesehen, dessen Längsrichtung ungefähr senkrecht zur Bewegungsrichtung des Peinmeuerungsniechanismus und des Grobsteuerungsmechanismus liegt, wobei der elastische Hebel 91 in einer Richtung emlang der Bewegungsrichtung verlorinbar ist. Wenn der obige Tastaiti mit der Oberfläche des Werkstückes W in Kodiakt gebracht wird, verursacht die zwischen dem Werkstück W und dem Taststift 90 wirksame Messabftagekraft eine elastische Verformung des elastischen Hebels 91. Folglich kann die Änderung der Messauflagekraft erkannt werden, indere die elasische Verforming des elastischen Hebels 91 detektien wird. Der Detektor zum Erfassen der etaanschen Vetformung des elastischen Hebels 91 kann beispielsweise aus einem Verzerrungssensor gebildet sein, oder alternativ aus einem Sensor 94 zum Detektieren der Verformung des elaspischen Hebels 91 auf der Grundlage von reflektiertem Licht, das von einer Laserlichtquelle 92 oder dergleichen auf die obere Seite des elastischen Hebels 91 ansgesendet wird.

3 [0082] Obwohl der Taststift 12 im Größenordnungsbereich von Nanometer his Mikrometer mittels des Feinsteuerungsmechanismus 50 feinfühlig ausgelenkt wird und der Taststift 12 durch den Grobsteuerungsmechanismus 60 und 70 gröber ausgelenkt wird, kann der Bewegungsbereich des Taststiltes durch den Feinsteuerungsmechanismus und den Grobsteuerungsmechanismus in Übereinstimmung mit dem vorgesehenen Werkstück geeignet gestalten werden.

[0083] Obwohl die Feinsteinerungsmechanismus 50 in den zuvor genanmen jeweiligen Ausführungsformen aus einem piezoetektrischen Istement aufgebaut ist, kann der Feinsteinerungsmechanismus 50 aus einem elektromagnetischen Stellelement einer beweglichen Spuie, die in dem Grobsteinerungsmechanismus verwendet wird, aufgebaut sein, oder alternativ aus einem Hochgesehwindigkeits-Feinaustenkungsfestkörperelement, etwa einem Magnetostoktor oder einer Formerinnerungslegierung, gebildet sein.

[0084] Obwohl der Grobsteuerungsmechanismus 60 aus einem parallelen Verhindungselemem gebildet ist und der Grobsteuerungsmechanismus 70 durch Anwendung der beweglichen Spule 73 aufgebaut ist, ist der Grobsteuerungsmechanismus der vorliegenden Erfindung nicht auf eine derartige Aushildung eingeschränkt, sondern kann ein Luftlager oder eine elassische Federplatte umfassen. Da in dieser Auslührungsform in dem Grobsteuerungsmechanismus ein Luftlager oder eine elastische Federplatte ohne Erfordernis für ein Schmieröt verwendet wird, kann der Grobsteuerungsmechanismus sauber gehalten werden, wodurch dieser zur Messung von Oberffächenprofilen von Halbleherwafern und dergleichen geeignes ist.

[68] [0085] Obwohl in den obigen jeweiligen Ansführungsformen der Taststift 12 relativ zu dem Werkstück W bewegt wird, kann das Werkstück relativ zu dem Taststift bewegt werden. Anders ausgedrückt, die Messauflagekraft kann

durch relatives Bewegen des Taststiftes und des Werkstükkes gesteuert werden.

## Patentansprüche

1. Mikrostrukturnessgerät ndt.

einem mit einem Werkstück in Kontakt bringburen. Taststift:

einem Zustandisquimtitätisienser zum Erfassen einer Quantität eines Zustands, die sich ändert, wenn der 10 Tasistift mit dem Werkstück in Kontakt ist:

einem Antrichsmechanismus zum relativen Bewegen des Taststiftes und des Werkstückes in einer Höhenrichtung einer Oberfläche des Werkstückes;

einem Auslenkungssensor zum Erfassen einer durch 15 den Antrichsmechanismus bewirkten relativen Bewegung des Tastsiftes und des Werkstlickes; und

einer Messauflagekrafikontrollschaltung zum Justieren einer auf den Tastsfilt wirkenden Messauflagekraft, webei der Amriehamechanismus mufasst: cinen fixier- 20 ien Bereicht, einen Feinstenerungsmechanismus, der relativ zu dem fizienen Bereich austenkbar ist und einen antreibenden beweglichen Bereich zum leinen Auslenken des Tasistiftes und/oder des Workstückes aufweist; and einen Grobstemenungsmechanismus mit einem an 25 dem halerten Bereich des Felnstenerungsmechanismus angebrachten beweglichen Bereich zum gröberen Auslenken des Täsistiftes und/oder des Werkstlickes, wobel der Feinsteuerungsmechanismus einen ausgleichenden beweigheben Bereich aufweist, der imgefähr identisch 30. zu dem antreibenden beweglichen Bereich des Feinstederungsmechanismus aufgehiet ist, um in einer Richtung entgegengesetzt zu einer Bewegungsrichtung

wobei die Messauftagekraftkomreitschaltung den Feinstenerungsmechanismus und/oder den Grobsieuerungsmechanismus auf der Grundlage eines Ausgangssignals aus dem Zustandsquantifälssensor betätigt, um die auf den Taststift ausgeübte Messauflagekraft zu jn-40 stieren.

des antreibenden bewegtleben Bereiches bewegbar zu

- Das Mikrosirukturmessgerät nach Ampruch 1, wobei der Taststift in seiner axialen Richtung in resonanter Weise schwingt und wobei der Zustandsquantitätssensor die Schwingung des Tastsüftes detektien.
- Das Mikrostrukturmassigerät nach Anspruch 2. wobei die Bewegungsrichtung des Feinsteuerungsmecharismus und des Grobsteuerungsmechanismus entlang einer axialen Richtung des Taststiftes verläuft.
- 4. Das Mikrostrukturmessgerät nach Anspruch 1, wobei der Taststift in Längsrichtung ungeführ senkrecht
  zur Bewegungsrichtung des Peinsteuerungsmechanismas und des Grobsteuerungsmechanismus hegt und an
  dem Peinsteuerungsmechanismus mittels eines elastischen Hebels, der in einer Richtung entlang der Bewegungsrichtung elastisch verformbar ist, vorgesehen ist,
  und wobei der Zustandsquanflätstensor eine elastische
  Verformung des elastischen Hebels detektiert.
- S. Das Mikrostrukturniessgerät nach einem der Ansprüche I bis 4, wobei der Feinsteberungsmechanis- 60 mus ein Flochgeschwindigkeits-Feinauslenkungsfest-körprechenent, etwa ein piezoelektrisches Element oder einen Magnetostriktor unflasst.
- 6. Das Mikrostrukturmessgerat nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Grobateucrungsmechams 65 nach umfasst; einen fixierten Bereich; einen beweglichen Bereich, der in einer Höbennehung der Oberfläche des Werkstückes relativ zu dem fixierten Bereich.

tiewegbar ist; und ein paralleles Paar Arme, die in einer Höhenrichtung der Oberfläche des Werkstückes beabstandet sind, wobei das Paar Arme ein Ende aufweist, das en dem fixierten Bereich dreihar befestigt ist und wobei das andere Ende drehbar an dem beweglichen Bereich befestigt ist.

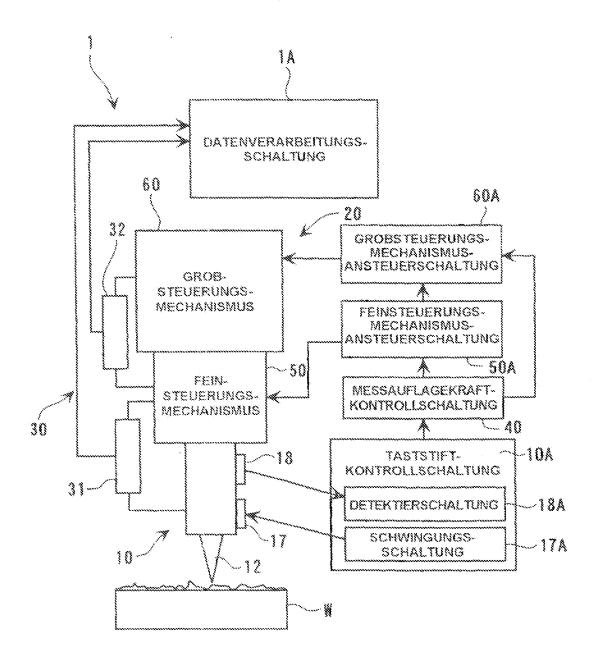
- Das Mikrostrukturmessgerät; nach einem der Ausprüche 1 bis 5, wobei der Grobsieuerungsmechanismus ein Luftlager oder eine elastische Federplatte umfasst
- 8. Das Mikrosinskiurunessgerät nach einem der Ansprüche I bis 7, wobei der Austenkungssensor einen ersten Austenkungssensor zur Detektion einer durch den Feinsteuerungsmechanismus bewirkten relativen Bewegung zwischen dem Taststift und dem Werkstück und einen zweiten Austenkungssensor zur Detektion einer durch den Grobsteuerungsmechanismus bewirkten relativen Bewegung zwischen dem Taststift und dem Werkstück umfasst.
- 9. Das Mikrostrukturmessgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Austenkungssensor eine durch den Feinsteuerungsmechanismus und den Grobsteuerungsmechanismus bewirkte relative Bewegung zwischen dem Tantstift und dem Werkstück detektiert.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

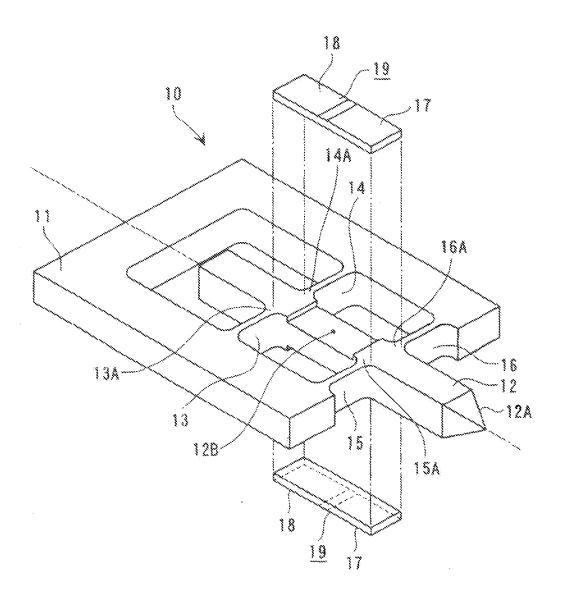
Nummer: Int. CL7: Offenlegungstag: DE 101 12 315 A1 G 01 8 21/30 6. Dezember 2001

Fig. 1



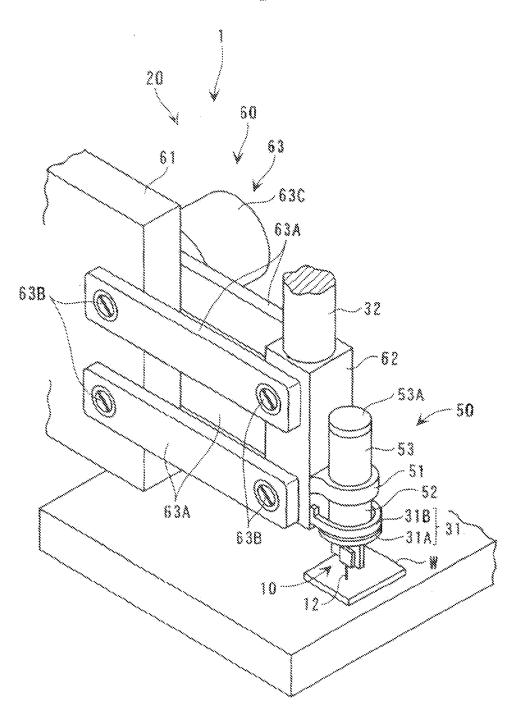
Nummer: int. Cl.<sup>7</sup>: Offenlegungstag: **DE 101 12 316 A1 G 01 B 21/30** 8. Dezember 2001

Fig. 2

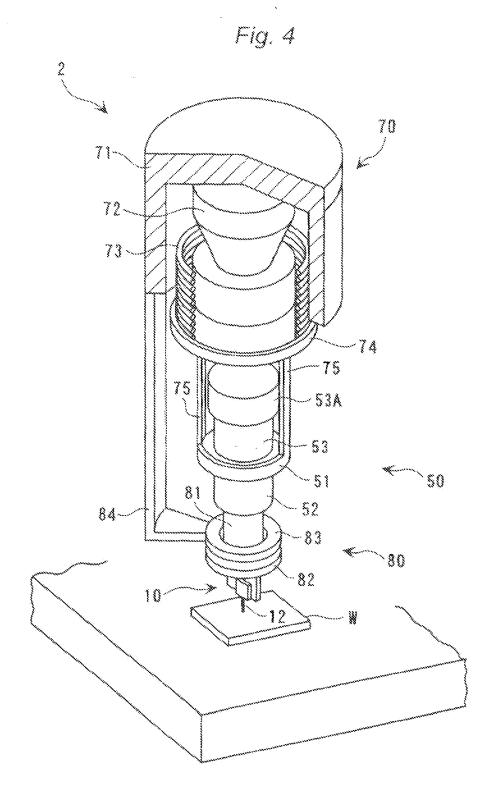


Nummer: Im. Ci<sup>2</sup>: Offenlegungsteg: **DE 101 12 316 A1 G 01 B 21/30** 6. Dezember 2001

Fig. 3



Nummer int, Ct.<sup>2</sup>; Offerlegungstag: DE 101 12 316 A1 6 01 B 21/30 6. Dezember 2001



Nummer; Ins. Ct<sup>7</sup>: Offenlegungsteg: DE 101 12 316 A1 G 81 B 21/30 S. Dexember 2001

Fig. 5

